

Helsinki 15.8.2000

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Oy Ekspansio Engineering Limited
Tuusula

Patenttihakemus nro
Patent application no

19992069

Tekemispäivä
Filing date

28.09.1999

Kansainvälinen luokka
International class

G02B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Telesentrisellä periaatteella toimiva laitteisto ja menetelmä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk
Fee 300,- FIM

Telesentrisellä periaatteella toimiva laitteisto ja menetelmä

Keksintö koskee telesentriseen kuvanmuodostusjärjestelmään perustuva laitteisto
5 kuvan muodostamiseksi kohteen lineaarisesta vyöhykkeestä, joka laitteisto käsittää:
ei-telesentrisen kameran, joka koostuu objektiivista ja valoherkkien kennojen rivin
muodostamasta kuvatasosta; objektiivin ja kohteen välissä telesentriset kuvannusvä-
lineet, jotka käsittävät koveran nauhapeilin, joka on oleellisesti yhdensuuntainen
mainitun kennorivin kanssa ja jonka polttotasossa mainitun objektiivin apertuuri si-
10 jaitsee, jolloin kovera nauhapeili ja objektiivi yhdessä muodostavat telesentrisesti
kohteen kuvan valoherkkien kennojen riville; sekä valolähteen, jonka tuottama sätei-
ly suuntautuu kohteeseen. Keksintö koskee myös menetelmää telesentrisen kuvan
muodostamiseksi läpinäkymättömällä ja ei-heijastavalla alustalla sijaitsevasta läpi-
näkymättömästä kohteesta telesentrisellä järjestelmällä, jossa: annetaan hajavalon
15 suuntautua kohteeseen sen tarkasteltavalle koko leveydelle; kerätään kohteesta hei-
jastuvaa säteilyä koveralla nauhapeilillä ja annetaan sen heijastua koverasta peilistä
sädekimppuna edelleen; järjestetään mainittuun heijastuvaan sädekimppuun objek-
tiivista ja valoherkkien kennojen rivistä koostuva kamera siten, että objektiivin aper-
tuuri asettuu koveran nauhapeilin polttotasoon, jolloin kovera nauhapeili ja objek-
20 tiivi yhdessä muodostavat kohteen lineaarisesta kaistasta telesentrisen kuvan valo-
herkkien kennojen riville.

Tyypillinen optinen tarkkailulaitteisto koostuu säteilylähteestä ja kamerasta, joka
koostuu objektiivista ja kuvatasosta. Objektiivin kohteesta kuvatasolle muodostamaa
25 kuva voidaan tarkkailla ja tallentaa esimerkiksi CCD-kennon avulla, joka muutta
kuvan tunnetulla tavalla sähköiseksi signaaliksi. CCD-kenno koostuu valoherkistä
elementeistä, jotka sijaitsevat matriisimuodossa esim. 256×256 elementtiä. Tällöin
kamera ominaisuuksiltaan muistuttaa tavanomaista valokuvauskameraa. Kuitenkin
CCD-kennon matriisi voi olla myös esim. muotoa 1024×1 tai 2048×1 , jolloin
30 kennon elementit sijaitsevat lineaarisesti yhdessä rivissä. Kamera, jossa on viiva-
mainen CCD-kenno, kutsutaan yleisesti viivakameraksi. Jotta koko kohde saadaan
mitattua, on joko kohteen tai kameran liikuttava toistensa suhteen. Valaistus toteute-
taan tavallisesti päältävalaisuna.

35 Tavanomainen kameraoptiikka näkee kohteen erilailla riippuen siitä, missä kohtaa
mittausaluetta kohde sijaitsee. Objektiivin optisen akselin kohdalla, ts. kohteen kes-
kialueen, kamera näkee suorassa kulmassa ja sivualueet vinossa kulmassa, aina sitä
enemmän mitä kauempana optisesta akselistä ollaan. Tämä on niin kutsuttu keskeis-

perspektiivi. Lisäksi, kun seurataan esimerkiksi leikattavan tai sahattavan materiaalin, kuten lautojen leveyttä, syntyy leikattujen/sahattujen kaistaleiden reunoista mitausta häiritseviä varjoja, jolloin leveyden mittaussysteemi voi tulkita varjon kaistaleen reunaksi. Kun kyseessä on esimerkiksi puutukin sahaus, vaihtelee myös koh-

5 teen etäisyys linssistä kohteen kolmiulotteisuuden vuoksi, jolloin kauempana kamerasta olevat kohteen alueet, kuten tukin reunavyöhykkeet nähdään pienempinä kuin tukin keskivyöhyke.

Perspektiivivirheiden korjaus on mahdollista telesentrisellä objektiivilla. Tällöin

10 kaikki kohteesta tulevat säteet tulevat optisen akselin kanssa yhdensuuntaisina ja kohteen kaikki kohdat nähdään samassa tasoperspektiivissä. Telesentrisissä objektiivissa lähinnä kohdetta olevan linssin on oltava ainakin kohteen levyinen, jolloin tavanomaisista linseistä koostuvasta optiikasta saattaa tulla raskas ja suurikokoinen. Jotta laitteistosta saataisiin edes kohtuullisen kompakti sen käyttökelpoisuuden saa-

15 vuttamiseksi, aiheutuu siitä, että optiikan valovoiman tulee olla suuri, mikä merkitsee taas kalliista erikoislaseista valmistettujen ja voimakkaasti kaarevien eli pienen kaarevuussäteiden omaavien linssien käyttöä. Näitä linsejä tarvitaan lisäksi useita yhdessä optiikassa, jotta voimakkaat kaarevuudet ja suuren halkaisijan omaavien linssien optiset kuvausvirheet saadaan riittävästi korjattua, mikä lisää entisestään

20 optiikan hintaa.

Julkaisussa US-5 008 743 on käytetty Fresnelin tasomaista muovilinssiä telesentrisen kuvannuksen aikaansaavana elementtinä yhdessä tavanomaisen kameran ja objektiivin kanssa, jolloin ratkaisu on halvempi. Epäjatkuvan rakenteensa aiheuttamien

25 optisten ominaisuuksiensa vuoksi nämä linssit aiheuttavat värivirhettä sekä kuvan laadun oleellista huononemista. Värivirheestä johtuen kohteen samasta pisteestä eri värit kuvautuvat CCD-kennon pinnalla toisistaan poikkeaville valoherkille mittauselementeille. On selvää, että tämä aiheuttaa mittaussysteemin kasvua. Värivirheestä johtuvaa mittaussysteimin virhettä voidaan korjata käyttämällä säteilyn reitillä värisuodatin-

30 ta, jolloin osa spektristä suodatetaan pois. Suodatus kuitenkin pienentää kohteesta tulevan säteilyn intensiteettiä, josta seuraa, että on käytettävä suurempitehoisia valolähteitä. Tämäkin taas nostaa järjestelmän hintaa. Värivirhettä voidaan korjata myös ohjelmallisesti kuten tässä julkaisussa myöskin on kuvattu. Tästä huolimatta mittaussysteimin virhe jää suuremmaksi kuin jos kohdetta tutkittaisiin tai mitattaisiin optiikalla,

35 joka on asianmukaisella tavalla optisesti korjattu.

Julkaisussa US-4 851 698 on kuvattu telesentrinen kuvanmuodostusjärjestely, jossa käytetään valoherkkien diodien riviä kuvatasolla, jolle muodostetaan kuva kohteen

- nauhamaisesta alueesta tavanomaisella objektiivilla sekä sen ja kohteen väliin sijoitetulla nauhamaisella koveralla pallopintaisella peilillä, jonka polttotasoon objektiivin pupilli on sijoitettu. Lisäksi julkaisun ratkaisu sisältää objektiivin edessä säteenjakajan, jonka kautta viivamaisen valolähteen lähettämä säteily heijastuu mainitun nauhamaisen koveran pallopintaisen peilin kautta kohteeseen. Valaisu siis tapahtuu samalla optisella järjestelyllä kuin kuvanmuodostus, säteilyjen kulkiessa vain päinvastaisiin suuntiin ja niiden erottamisen tapahtuessa säteenjakajassa. Lisäksi julkaisun järjestelyssä on kohde sijoitettu retroheijastavan alustan päälle, jotta kohde olisi hyvin taustasta erottuva. Kuvatussa järjestelyssä on haittapuolena ensinnäkin koveran pallopintaisen peilin kuvausvirheet, jotka ovat dispersiota lukuunottamatta samat kuin linssissä. Siten julkaisussa esitettyyn rakenteeseen joudutaan lisäämään lukuisia linsejä kuvausvirheiden korjaamiseksi lähes kuten linssioptiikassakin, jos tarvitaan hyvää kuvanlaatua, joten rakenteesta tulee ainakin kallis, joskin suurimman linssin korvaaminen peilillä pienentää hieman painoa. Lisäksi julkaisun ratkaisussa käytetty säteenjakaja ei ole mikään ideaalinen komponentti, vaan se aiheuttaa valolähteestä tulevan säteilyn osan hajaantumista suoraan säteenjakajasta objektiivin kautta valoherkälle pinnalle, mikä pienentää huomattavasti kohteesta saadun kuvan kontrastia, josta syystä ilmeisestikin julkaisussa käytetään retroheijastavaa alustaa.
- 20 Keksinnön päätavoitteena on saada aikaan telesentrisen kuvanmuodostusjärjestelmän muodostava laitteisto, jolla vältetään mahdollisemman suuressa määrin optiset kuvausvirheet ja erityisesti värivirheet eli dispersio ja joka ratkaisuna olisi kooltaan suhteellisen pienikokoinen ja painoltaan suhteellisen kevyt sekä halvempi kuin tunnetut telesentriset objektiivit. Keksinnön toisena tavoitteena on tällainen telesentrisen kuvanmuodostusjärjestelmän muodostava laitteisto, jolla saadaan hyvän kontrastin omaava kuva diffuusisti heijastavasta kohteesta diffuusisti heijastavalla alustalla, ts. kohteen omien sisäisten kontrastierojen tulisi riittää tulkittavissa olevan kuvan muodostamiseen. Keksinnön kolmantena tavoitteena on telesentrisen kuvanmuodostusjärjestelmän muodostavaan laitteistoon liitettävä valaistusjärjestely, joka antaa kohteeseen riittävän homogeenisen ja varjottoman valaistuksen ja joka ei vaikuta haitallisesti telesentriseen kuvanmuodostusjärjestelmään.

Edellä kuvatut haittapuolet saadaan eliminoitua ja edellä määritellyt tavoitteet saadaan toteutettua keksinnön mukaisella laitteistolla, jolle on tunnusomaista se, mitä on määritelty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa ja keksinnön mukaisella menetelmällä, jolle on tunnusomaista se, mitä on määritelty patenttivaatimuksen 9 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön mukaan on nyt yllättäen huomattu, että käyttämällä paraabelipintaista koveraa kaaripeiliä, jonka polttotasoon tai polttotason lähelle kameran objektiivi on sijoitettu, saadaan ensiluokkainen lähes kuvausvirheetön telesentrinen kuvanmuodostusjärjestelmä. Paraboloidipeilejä eli akselinsa ympäri pyöräytetyn paraabelin muodostaman koveran pinnan muotoisia peilejä on kylläkin käytetty astronomisissa teleskoopeissa. Paraboloidipeilejä ei kuitenkaan ole lainkaan käytetty esim. kameraobjektiivien valmistuksessa, toisin kuin pallopeilejä, eikä muissa maanpäällisiä kohteita varten tarkoitetuissa kuvanmuodostusjärjestelyissä, koska paraboloidipeilin kuvausvirheet ulkoapäin tuleville säteille, joiden suunta poikkeaa paraboloidin akselin suunnasta, ovat oleellisesti suurempia kuin pallopeilissä. Paraboloidipeilin valmistuskustannukset ovat myös erittäin korkeat. Keksinnön mukaisessa menetelmässä peili on nauhamainen, jolloin se sopii paremmin viivakameralle. Nauhamaisen peilin valmistuskustannukset ovat myös kohtuulliset. Keksinnön erään toteutusmuodon mukaan nauhamainen kovera peili on toisessa suunnassa paraabelin muotoinen ja sitä vastaan kohtisuorassa suunnassa tasomainen eli se on taso-paraabelipeili, jollaisen peilin valmistuskustannukset ovat varsin edulliset ja valon keräyksen hyötysuhde kuitenkin varsin korkea. Lisäksi järjestämällä keksinnön mukaan koveraan peilin ja kameran väliin nauhamainen tasopeili, saadaan laitteistosta ulkomitoiltaan suhteellisen pienikokoinen. Keksinnön mukaan laitteistoa käytetään mm. sahateollisuudessa mittaamaan tukista sahattujen lautojen leveyttä tai muussa vastaavassa valmistuksessa liikkuvasta kohteesta leikattujen kaistaleiden leveyden mittaamiseksi. On tärkeää optimoida lautojen tai muiden kaistaleiden leveys, koska tällöin sahattavasta tavarasta saadaan maksimaalinen hyöty. Myös reklamaatiot vähenevät, koska laadunvalvonta tarkentuu ja paranee. Toisaalta lautojen tai kaistaleiden leveyden muutokset sahauksen tai leikkauksen aikana kertovat myös sahanterien tai vastaavien leikkuuterien kunnon, jolloin ne voidaan vaihtaa oikea-aikaisesti.

Seuraavassa keksinnön mukaista menetelmää esitetään yksityiskohtaisemmin oheisten piirustusten avulla.

Kuva 1 esittää keksinnön mukaista laitteistoa ja mittausolosuhteita yleisesti ulkoa päin ja perspektiivisenä kuvantona.

Kuva 2 esittää keksinnön mukaista telesentristä kuvanmuodostusjärjestelmää edestä katsottuna kuvan 1 ja 3 suunnasta I sekä sen toimintaa tukista heijastuneen säteilyn yhteydessä, sekä ehjällä viivalla keksinnön mukaisen valolähteen yhtä toteutusmuotoa ja pistekatkoviivalla sen toista toteutusmuotoa.

Kuva 3 esittää kuvan 2 telesentristä kuvanmuodostusjärjestelmää sivulta katsottuna kuvan 2 suunnasta II.

5 Kuva 4 esittää kuvan 3 telesentristä kuvanmuodostusjärjestelmää suuremmassa mittakaavassa ja peilien asentoja liioiteltuina, mutta muutoin samassa kuvannossa kuin kuviossa 3.

10 Kuvat 5A - 5C esittävät keksinnön mukaisessa telesentrisessä kuvanmuodostusjärjestelmässä käytettävien peilien erilaisia rakennevaihtoehtoja aksonometrisesti nähtynä.

Kuvassa 1 on näytetty eräs keksinnön mukaisen laitteiston sovellutus. Siinä valo 3 tulee kamerasta ja valolähteestä koostuvan laitteiston 22 sisältävästä laatikosta 2 ja valaisee tukista, joka muodostaa tarkasteltavan ja mitattavan kohteen 1, sahatut laudat 21a, 21b, 21c jne., jotka liikkuvat kuljetinhihnan 16 siirtäminä suunnassa F, joka suunta F on tyypillisesti kohtisuorassa keksinnön mukaisen koveran kaaripeilin 6 pituutta L1 ja viivamaisen CCD-kennon eli valoherkkien kennojen tai diodien rivin 15 pituutta L4 vastaan. Laatikossa 2 oleva kamera 9 kuvaa sahatut laudat ja lähettää tiedon digitaalisena tietokoneelle 11, joka laskee tulokset eli lautojen leveydet eli 20 dimensiot D1, D2, D3 jne. ja näyttää ne näyttöpäätteellä 12. Sahakoneen hoitajat näkevät tulokset ja voivat niiden avulla säätää sahanteriä 13 siten, että lautojen leveys on optimaalinen. Lisäksi tulosten perusteella he voivat päätellä sahaterien kunnan ja vaihtaa ne ennen kuin ne vaurioituvat liikaa tai hajoavat. Näppäimistön 14 avulla he voivat syöttää tietokoneelle laskentaparametrit. Kuvasta 2 näkyy kuinka valolähteet 7 valaisevat sahatut laudat 21a, 21b, 21c jne. ylhäältä päin. Sahatuista laudoista, 25 joiden yläpinnat ovat diffuusisti heijastavia ja toisitaan poikkeavilla etäisyyksillä sekä valolähteestä että telesentristä kuvannusvälineistä 18, heijastuneesta valosta 24 koveran kaaripeilin 6 optisen akselin suuntaiset säteet 4 tulevat yhdensuuntaisina keksinnön mukaiselle kaaripeilille 6, josta säteet 4 heijastuvat keksinnön erään toteutusmuodon mukaisesti tasopeilille 5, josta säteet 4 edelleen heijastuvat kameraan 8. Kameran objektiivin 8 apertuuri sijaitsee kaaripeilin 6 polttotasossa 10 tai sen välittömässä läheisyydessä, mikä aikaansaa telesentrisen kuvannusjärjestelmän. kameran 9 tavanomainen, mutta hyvänlaatuinen objektiivi 8 muodostaa kohteesta 1 kuvan CCD-kennon valoherkkien kennojen rivin 15 pinnalle, mikä muodostaa kuvata- 35 tason 19. Kun kohde 1 on lähempänä kuin oleellisesti äärettömän kaukana telesentristä kuvannusvälineistä 18, on kohde tarkennettava, jotta sen tarkka kuva muodostuisi kuvatasolle 19, mikä yleensä tapahtuu tavanomaiseen tapaan lisäämällä objektiivin 8 ja kuvata- 35 tason 19 välimatkaa.

Yleisesti telesentriseen kuvanmuodostusjärjestelmään perustuva laitteisto 22 kuvan muodostamiseksi kohteen 1 lineaarisesta vyöhykkeestä 17 käsittää ensinnäkin ei-telesentrisen kameran 9, joka koostuu objektiivista 8 ja valoherkkien kennojen rivin 15 muodostamasta kuvatasosta 19. Lisäksi laitteisto 22 käsittää objektiivin ja kohteen välissä telesentriset kuvannusvälineet 18, jotka koostuvat koveran nauhapeilin 6, joka on oleellisesti yhdensuuntainen mainitun kennorivin kanssa ja jonka polttotasossa tai polttotason välittömässä läheisyydessä mainitun objektiivin apertuuri sijaitsee, jolloin kovera nauhapeili ja objektiivi yhdessä muodostavat telesentrisesti kohteen kuvan valoherkkien kennojen riville. Jotta telesentriseen kuvanmuodostusjärjestelmään perustuva laitteisto voisi toimia tulee sen käsittää myös sopivan valolähteen, josta käytetään yleisesti viitenumeroa 7 ja jonka tuottama säteily 3 suuntautuu kohteeseen.

Keksinnön mukaan edellä kuvatussa laitteistossa 22 mainittu kovera nauhapeili on paraabelipeili 6, kuten nauhamainen paraboloidipeili. Keksinnön edullisen toteutusmuodon mukaan mainittu kovera nauhapeili on taso-paraabeli-peili 6, millä tarkoitetaan koveraa peiliä, jonka heijastava pinta 26 on peilin pituuden L2 suunnassa paraabelin muotoinen ja sitä vastaan kohtisuorassa leveyssuunnassa W2 tasomainen. Kameran 9 objektiivi 8 voidaan periaatteessa asettaa suoraan tällaisen paraabelipeilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin polttotason alueelle, mutta keksinnön edullisen toteutusmuodon mukaan telesentriset kuvannusvälineet 18 käsittävät lisäksi mainitun paraabelipeilin/taso-paraabeli-peilin 6 ja objektiivin 8 välissä nauhamaisen tasopeilin 5, jonka kautta kohteesta 1 ja paraabelipeilistä heijastuva suunnattu säteily 4 osuu objektiiviin 8 ja edelleen kuvatasoon 19. Mainitun nauhamaisen paraabelipeilin/taso-paraabeli-peilin 6 ja nauhamaisen tasopeilin 5 pituudet L2 ja L1 ovat keskenään yhdensuuntaiset ja yhdensuuntaiset kuvataason muodostavien valoherkkien kennojen rivin 15 kanssa. Kun lisäksi tasopeilin 5 heijastava pinta 25 ja mainitun paraabelipeilin/taso-paraabeli-peilin 6 heijastava pinna 26 ovat suuntautuneet toisiinsa kohti siten, että kummaltakin heijastavalta pinnalta toisen leveys W1 ja W2 näkyy ennalta määrättyssä kulmassa K1, K2, muodostavat kohteesta heijastuneet ja telesentristen kuvannusvälineiden 18 kautta kulkevat säteet 4 kuvista 2 ja 3 ilmenevän edestakaisen reitin, jolloin telesentristen kuvannusvälineiden 18 mekaaninen pituus on vain osa optisesta pituudesta. Paraabelipeilin 6 tai edullisesti taso-paraabelipeilin 6 käyttäminen takaa tarkan kuvan saamisen kohteen koko leveydeltä L3, koska telesentrisessä kuvanmuodostuksessa käytetään vain yhdensuuntaiset kohteesta 1 heijastuvat säteet, jolloin paraabelin muotoja omaavan peilin heikkoudet muun suuntaisten säteiden ohjaamisessa eivät astu kuvaan.

Aluksi mainitussa sovellutuksessa koveran paraabelipeilin/taso-paraabeli-peilin 6 ja objektiivin 8 välinen optinen etäisyys voi olla esimerkiksi 1500 mm, joka siis vastaa peilin 6 polttoväliä. Tasopeilin 5 avulla voidaan laitteen mekaanista pituutta pienentää jopa puoleen polttovälistä kun paraabelipeili/taso-paraabeli-peili 6 sijoitetaan
 5 kameran 9 viereen, mutta usein voidaan tyytyä hieman pienempään mekaanisen pituuden pienenemiseen. Nauhamaisen tasopeilin 5 mekaaninen etäisyys S1 objektiivista on tyypillisesti vähintään 1,5 kertaa taso-paraabeli-peilin 6 mekaaninen etäisyys S2 objektiivista. Kuten edellä jo todettiin heijastuu sahatuista laudoista myös muun suuntaisia säteitä, mutta telesentristen kuvannusvälineiden 18 ansiosta ne ei-
 10 vät osu kameran objektiiviin 8, koska ainoastaan yhdensuuntaiset säteet 4 osuvat peilin 6 polttopisteeseen/polttotasoon.

Paraabelipeilin/taso-paraabeli-peilin 6 pituuden L2 on oltava suurempi kuin kohteen 1 havainnoitava leveys L3, joten peilin pituus L2 vaihtelee huomattavasti sovellus-
 15 kohteen mukaan. Mainitussa sovellutuksessa koveran peilin 6 pituus L2 voi olla esimerkiksi 500 mm tai tyypillisesti enemmän, mutta koveran peilin heijastavan pinnan 26 ollessa keksinnön mukaisesta muotoiltu, ei oleellisia kuvausvirheitä synny. Tällä tavoin voidaan mitata hyvinkin leveää kohdetta tai leveän kohteen leveysosista niiden vähintään yhtä dimensiota D1 ja/tai D2 ja/tai D3 ... Dn. Nauhamaisen
 20 paraabeli/taso-paraabeli-peilin 6 pituus L2 on oleellisesti suurempi kuin sen leveys W2. Peilien 5, 6 leveyksien W1 ja W2 on oltava sellainen, että niistä valoherkkien elementtien rivin 15 pinnalle muodostuva kuva on leveämpi kuin valoherkkien elementtien leveys. Jos peilit ovat liian kapeita on niiden kohdistaminen myös vaikeaa. Siten peilien edullisina leveyksinä W1, W2 pidetään arvoa noin 20 mm, joka on
 25 noin neljä kertaa eräiden valoherkkien elementtien koko. Tällä leveydellä paraabeli-peili/taso-paraabeli-peili 6 on kuitenkin riittävän kapea, jotta se ei ole turhan raskas.

Valonsäteiden 4 edestakaisen kulun mahdollistamiseksi ensin paraabelipeiliin/taso-paraabeli-peiliin, siitä tasopeiliin, josta edelleen kameraan 9, sijaitsevat tasopeili 5
 30 ja paraabelipeili/taso-paraabeli-peili 6 niiden pituutta L1 ja L2 vastaan kohtisuoran välimatkan P1 päässä toisistaan, joka etäisyys on vähintään yhtä suuri kuin puolet näiden peilien yhteenlasketusta leveydestä W1+W2 ja enintään viisi kertaa näiden peilien yhteenlaskettu leveys W1+W2. Lisäksi nauhamaisen paraabelipeiliin/taso-paraabeli-peilin heijastavan pinnan 26 normaali N2 muodostaa kohteen normaaliin
 35 N1 nähden kulman K3, joka on enintään 30°, edullisesti enintään 20° ja paraabeli-peiliin/taso-paraabeli-peilin ja tasopeilin heijastavien pintojen 26 ja 25 normaalien N2 ja N3 välinen kulma K4 on enintään 30°, edullisesti enintään 15°. Näillä kriteereillä telesentristen kuvannusvälineiden 18 kautta kulkevat säteet 4 muodostavat

poikkeavat niin vähän optisen akselin suunnasta, että oleellisia tai häiritseviä kuvausvirheitä ei synny. Samalla ehtojen täyttäminen saa aikaan kompaktin laitteiston 22.

- 5 Kuvausvirheiden mahdollisimman tehokkaaksi välttämiseksi ja siten niiden korjaus-
tarpeen eliminoimiseksi ovat nauhamaisen paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-
paraabeli-peilin 6 sekä nauhamaisen tasopeilin 5 heijastavat pinnat 26, 25 edullisesti
heijastuspuolelle avoimia metallipintoja, jolloin telesentrysten kuvannusvälineiden
18 kautta kulkevien säteiden 4 ei ole tarpeen kulkea ainakaan oleellisen paksuisten
10 lasia tai muovia olevien kerrosten läpi, mikä aiheuttaisi ainakin dispersion syntymis-
tä. Heijastava metallia Me oleva pinnoitus voidaan tehdä lasia tai muovia G olevan
oikean muotoiselle koveralle paraabelipinnalle, kuten kuvassa 5A. Tämä ei estä sitä,
etteikö heijastava metallipinta 25, 26 voisi olla pinnoitettu ohuella esimerkiksi kor-
roosiolta suojaavalla kerroksella tai etteikö heijastava metallipinta 25, 26 voisi olla
15 muodostettu säteilyä 4 läpäisevän ohuen lasi- tai muovikappaleen 23 kuperalle ta-
kapinnalle 27, jolloin kovera peili suuntautuu vastakkaiseen suuntaan. Viimeksi
mainittu vaihtoehtokin on käyttökelpoinen kunhan lasikappaleen tai muovikappaleen
23 paksuus T on hyvin pieni verrattuna koveran peilin polttoväliin ja pituuteen ja on
lisäksi tasapaksu tai lähes tasapaksu eli molemmat pituuden sekä leveyden L2 ja W2
20 tai vastaavasti L1 ja W1 muodostavat pinnat 27, 28 ovat kohta kohdalta yhdensuun-
taiset, kuten kuvassa 5C on näytetty. Näin pitkien peilien tekeminen lasista G vai-
keaa. Siten suositeltava materiaali on metalli, kuten alumiini, kupari tai teräs, jolloin
peili on kokonaisuudessaan metallia Me, kuten kuvassa 5B. Näistä alumiini ja ku-
pari ovat helpoimmin työstettäviä. Kupari taas rajoittaa näkyvän spektrin alueen
25 600 nm:stä ylöspäin. Siten jos halutaan hyödyntää koko spektrialue alumiini on
suositeltavin.

- Valolähde 7 on keksinnön mukaan telesentrisistä kuvannusvälineistä riippumaton
hajavalolähde, joka sijaitsee telesentrysten kuvannusvälineiden 18 vieressä niiden
30 kautta kulkevan säteilyn 4 kulkusuuntaan nähden poikittaisen välimatkan P2 päässä.
Hajavalolähteen ja kuvannusvälineiden 18 mainittu poikittainen välimatka P2 on
oleellisesti pienempi kuin paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin 6 ja
kohteen 1 välimatka H. Mainittu hajavalolähde käsittää edullisesti kaksi tai useam-
pia oleellista pinta-alaa A omaavan lampun 7a, 7b, kuten ehjillä viivoilla on näytetty
35 kuvassa 2. Tällöin nämä yhtä usemmat lamput 7a ja 7b ovat pääasiassa kohteen le-
veyden L3 mitalla paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin pituuden L2
suuntaisen/suuntaisten etäisyyksien P3 päässä toisistaan oleellisesti tasaisen hajava-
lon 3 saamiseksi kohteeseen 1. Tällaisia lamppeja on saatavissa ja ne ovat hinnal-

taan edullisia. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vain yhtä lamppua 7 kunhan se on tyyppiä, jolla on kohteen leveyttä lähellä oleva tai kohteen leveyden ylittävä pituus, kuten kuvassa 2 on pistekatkoviivalla näytetty, oleellisesti tasaisen hajavalon 3 saamiseksi kohteeseen 1.

5

Keksinnön mukainen laitteisto 22 toimii telesentrisen kuvan muodostamiseksi läpinäkymättömällä ja ei-heijastavalla alustalla 20 sijaitsevasta läpinäkymättömästä kohteesta 1 seuraavalla tavalla. Annetaan ensinnäkin hajavalon 3 suuntautua valolähteestä 7 tai valonlähteistä 7a, 7b kohteeseen 1 sen tarkasteltavalle koko leveydelle L3. Kerätään kohteesta heijastuvaa säteilyä 24 koveralla nauhamaisella paraabelipeilillä tai taso-paraabelipeilillä 6, jonka polttotaso sijaitsee oleellisesti kameran 9 objektiivin aperttuurin kohdalla. Annetaan kerätyn pääasiassa yhdensuuntaisen sädekimpun 4 heijastua koverasta peilistä sädekimppuna 4 edelleen ensin tasopeiliin 5 ja siitä edelleen kameraan 9, jossa sädekimppu etenee objektiivin 8 kautta valoherkkien kennojen riviin 15, johon muodostuu vääristymätön telesentrinen kuva. Tällöin kovera nauhamainen paraabelipeili tai taso-paraabelipeili ja objektiivin yhdessä muodostavat kohteen lineaarisesta kaistasta 17 telesentrisen kuvan valoherkkien kennojen riville.

10

15

20 Lisäksi menetelmässä annetaan kohteen 1 liikkua F mainittua lineaarista kaistaa 17 vastaan oleellisesti kohtisuorassa suunnassa, jonka aikana mitataan kuvatasolla 19 olevien valoherkkien diodien avulla kohteen vähintään yhden tai useamman dimension $D1$ ja/tai $D2$ ja/tai $D3 \dots Dn$ arvoja. Nämä dimensiot ovat ainakin osittain mainitun lineaarisen kaistan 17 ja valoherkkien kennojen rivin 15 suuntaisia.

25

Kohteena 1 voi olla kuljetusalustan 20 liikuttama puutukki, metallilaatta tai vastaava suoria reunoja ei-omaava pitkänomainen kappale, jota työstetään yhdeksi tai useammaksi alkuperäistä leveyttä kapeammaksi kaistaksi 21a, 21b, 21 c jne. Kuvatulla tavalla vääristymätöntä telesentristä kuvaa mittaamalla ohjataan työstettävien mainittujen kaistojen dimensioita $D1$ ja/tai $D2$ ja/tai $D3 \dots Dn$. Tätä mittausta ja aikaisemmin kuvattua tulostusta varten kameran 9 valoherkät kennot, kuten sopivat diodit tai varsinainen CCD-kenno, muodostaa vastaanotetusta säteilyinformaatiosta sähköiset signaalit, jotka menevät tietokoneen 11 prosessorille. Tietokone tulostaa analysoidut signaalit joko näytölle 12 tai niitä käytetään muutoin sopivalla tavalla valmistuksen ohjaamiseen.

30

35

Patenttivaatimukset

1. Telesentriseen kuvanmuodostusjärjestelmään perustuva laitteisto kuvan muodostamiseksi kohteen (1) lineaarisesta vyöhykkeestä (17), joka laitteisto käsittää:

5 - ei-telesentrisen kameran (9), joka koostuu objektiivista (8) ja valoherkkien kennojen rivin (15) muodostamasta kuvatasosta (19);

- objektiivin ja kohteen välissä telesentriset kuvannusvälineet (18), jotka käsittävät koveran nauhapeilin (6), joka on oleellisesti yhdensuuntainen mainitun kennorivin kanssa ja jonka polttotason alueella mainitun objektiivin apertuuri sijaitsee, jolloin
10 kovera nauhapeili ja objektiivi yhdessä muodostavat telesentrisesti kohteen kuvan valoherkkien kennojen riville; sekä

- valolähteen (7), jonka tuottama säteily (3) suuntautuu kohteeseen,

tunnettu siitä, että laitteistossa mainittu kovera nauhapeili on paraabelipeili (6); ja että telesentriset kuvannusvälineet (18) lisäksi käsittävät mainitun paraabelipeilin ja
15 objektiivin välissä nauhamaisen tasopeilin (5), jonka kautta kohteesta (1) ja paraabelipeilistä heijastuva suunnattu säteily (4) osuu objektiiviin (8) ja edelleen kuvatasoon (19), tarkan kuvan saamiseksi kohteen leveysosista niiden vähintään yhden dimension (D1 ja/tai D2 ja/tai D3 ... Dn) mittaamista varten.

20 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että mainittu nauhamaisen paraabelipeili (6) on taso-paraabeli-peili; että mainitun nauhamaisen taso-paraabeli-peilin ja nauhamaisen tasopeilin (5) pituudet (L2 ja L1) ovat keskenään yhdensuuntaiset ja yhdensuuntaiset kuvatasoon muodostavien valoherkkien kennojen rivin (15) kanssa; ja että tasopeilin (5) ja mainitun taso-paraabeli-peilin (6) heijastavat pinnat (25 ja vast. 26) ovat suuntautuneet siten toisiaan kohti, että kummankin
25 heijastavalta pinnalta toisen leveys (W1 ja W2) näkyy ennalta määrättyssä kulmassa (K1, K2).

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että nauhamaisen tasopeilin (5) etäisyys (S1) objektiivista on vähintään 1,5 kertaa taso-paraabeli-peilin (6) etäisyys (S2) objektiivista; ja että tasopeili (5) ja taso-paraabeli-peili (6) ovat niiden pituutta vastaan kohtisuoran välimatkan (P1) päässä toisistaan, joka etäisyys on vähintään yhtä suuri kuin puolet näiden peilien yhteenlasketusta leveydestä (W1+W2) ja enintään viisi kertaa näiden peilien yhteenlaskettu leveys (W1+W2).
30

35

4. Patenttivaatimuksen 2 tai 3 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että nauhamaisen taso-paraabeli-peilin heijastavan pinnan (26) normaali (N2) muodostaa kohteen normaaliin (N1) nähden kulman (K3), joka on enintään 30°; ja että taso-paraabeli-

peilin ja tasopeilin heijastavien pintojen (26 ja 25) normaalien (N2 ja N3) välinen kulma (K4) on enintään 30°.

5. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että nauhamaisen paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin pituus (L2) on oleellisesti suurempi kuin sen leveys (W2); ja että vähintään paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin pituus (L2) on suurempi kuin kohteen havainnoitava leveys (L3).

6. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että nauhamaisen paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin (6) sekä nauhamaisen taso-peilin (5) heijastava pinta (26, 25) on heijastuspuolelle avoin metallipinta.

7. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että valolähde (7) on telesentrisistä kuvannusvälineistä riippumaton hajavalolähde, joka sijaitsee telesentristen kuvannusvälineiden (18) vieressä niiden kautta kulkevan säteilyn (4) kulkusuuntaan nähden poikittaisen välimatkan (P2) päässä.

8. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että hajavalolähteen mainittu poikittainen välimatka (P2) on oleellisesti pienempi kuin paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin ja kohteen välimatka (H); ja että mainittu hajavalolähde käsittää yhden tai useamman oleellista pinta-alaa (A) omaavan lampun (7; 7a, 7b), jolloin yhtä usemmat lamput (7a ja 7b) ovat pääasiassa kohteen leveyden (L3) mitalla paraabeli-peilin tai vastaavasti taso-paraabeli-peilin pituuden (L2) suuntaisen/suuntaisten etäisyyksien (P3) päässä toisistaan oleellisesti tasaisen hajavalon (3) saamiseksi kohteeseen (1).

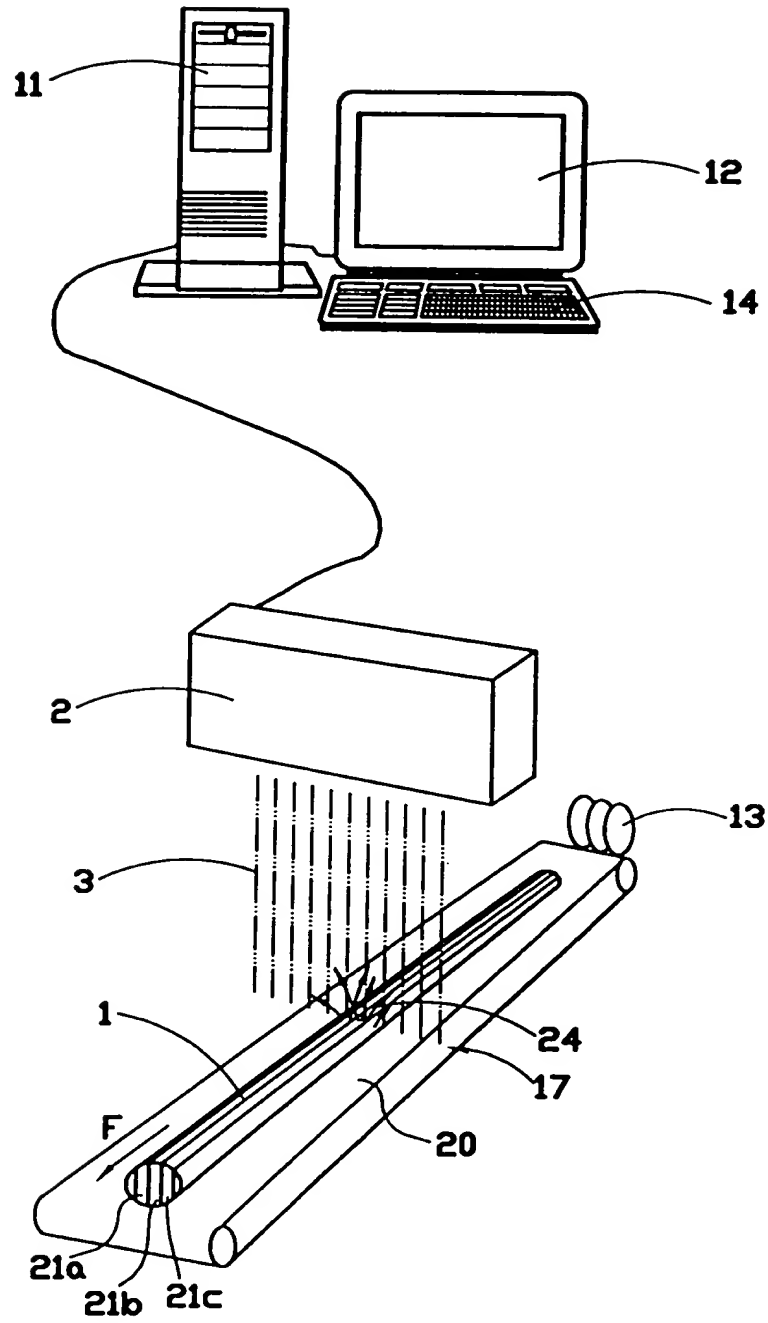
9. Menetelmä telesentrisen kuvan muodostamiseksi läpinäkymättömällä ja ei-heijastavalla alustalla (20) sijaitsevasta läpinäkymättömästä kohteesta (1) telesentrisellä järjestelmällä, jossa:

- annetaan hajavalon (3) suuntautua kohteeseen (1) sen tarkasteltavalle koko leveydelle (L3);
- kerätään kohteesta heijastuvaa säteilyä (24) koveralla nauhapeilillä (6) ja annetaan sen heijastua koverasta peilistä sädekimppuna (4) edelleen;
- järjestetään mainittuun heijastuvaan sädekimppuun objektiivista (8) ja valoherkkien kennojen rivistä (15) koostuva kamera (9) siten, että objektiivin apertuuri asettuu oleellisesti koveran nauhapeilin polttotasoon, jolloin kovera nauhapeili ja objektiiviyhdessä muodostavat kohteen lineaarisesta kaistasta (17) telesentrisen kuvan valoherkkien kennojen riville,

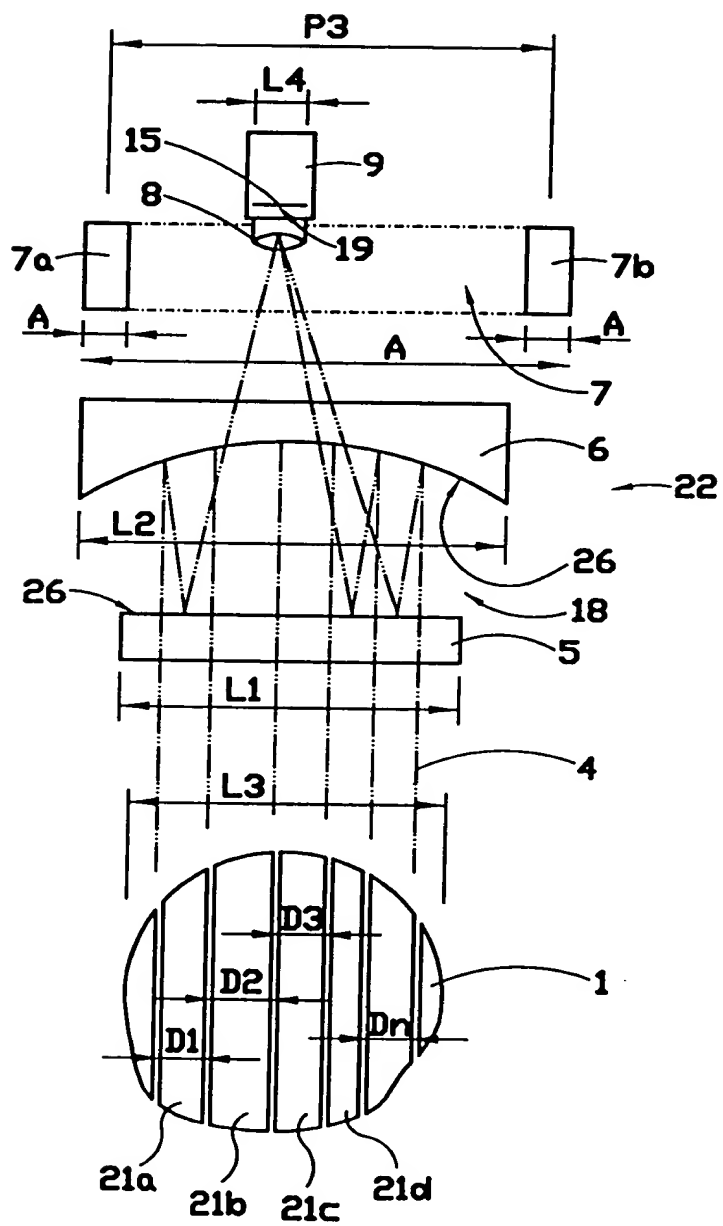
tunnettu siitä, että menetelmässä lisäksi:

- annetaan kohteen (1) liikkua (F) mainittua lineaarista kaistaa (17) vastaan oleellisesti kohtisuorassa suunnassa;
- kerätään kohteesta heijastuvaa säteilyä (24) koveralla paraabeli-peilillä tai tasoparaabeli-peilillä (6) ja annetaan sen heijastua edelleen ensin tasopeiliin (5) ja siitä edelleen mainittuun kameraan (9) vääristymättömänä telesentrisenä kuvana; ja
- mitataan kuvatasolla (19) olevien valoherkkien diodien avulla, kohteen vähintään niitä yhden tai useamman dimension (D1 ja/tai D2 ja/tai D3 ... Dn) arvoja, jotka dimensiot ovat ainakin osittain mainitun lineaarisen kaistan (17) ja valoherkkien kennojen rivin (15) suuntainen.

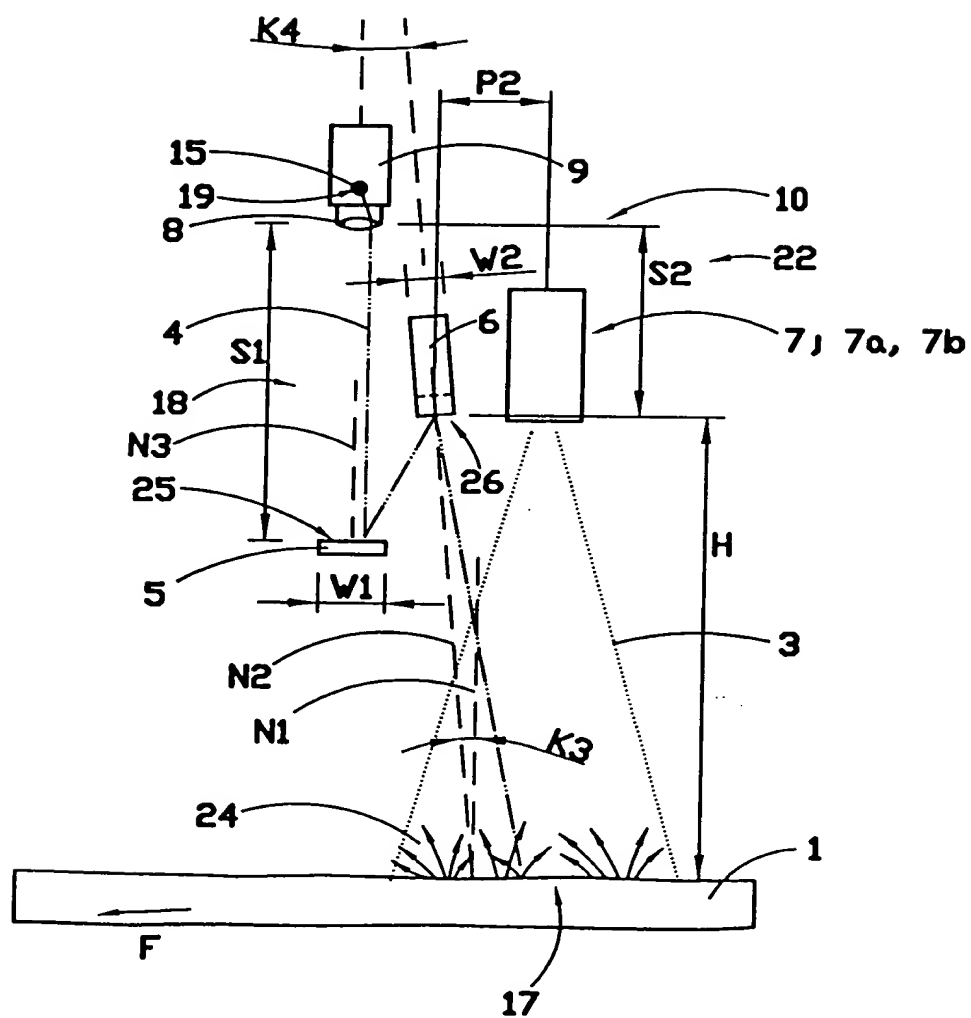
10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kohteena (1) on kuljetusalustan (20) liikuttama puutukki, metallilaatta tai vastaava suoria reunoja ei-omaava pitkänomainen kappale, jota työstetään yhdeksi tai useammaksi alkupe-
 15 räistä leveyttä kapeammaksi kaistaksi (21a, 21b, 21 c ...); ja että mainitulla tavalla vääristymätöntä telesentristä kuvaa mittaamalla ohjataan työstettävien mainittujen kaistojen dimensioita (D1 ja/tai D2 ja/tai D3 ... Dn).



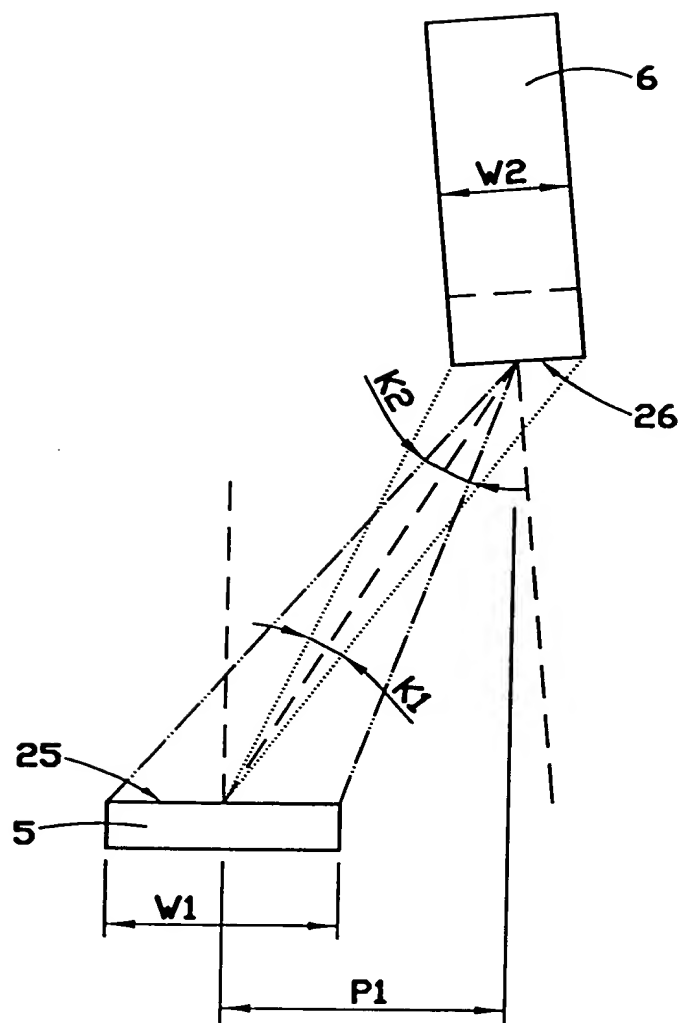
Kuva 1



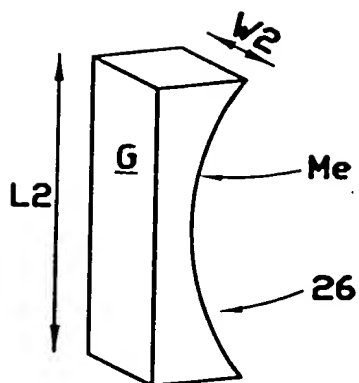
Kuva 2



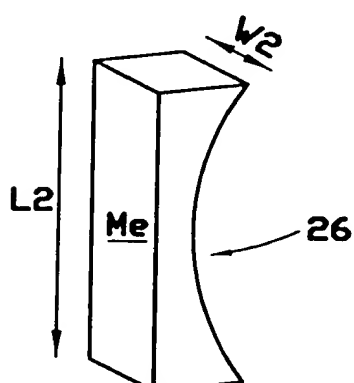
Kuva 3



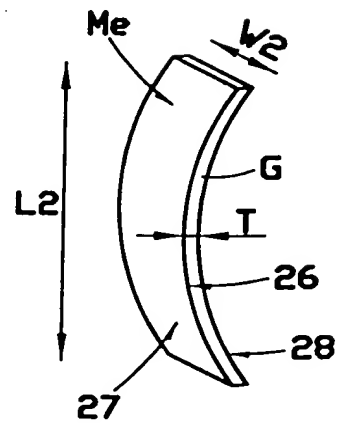
Kuva 4



Kuva 5a



Kuva 5b



Kuva 5c